

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE REPRODUZIERBARKEIT DER
TERMINALEN SCHARNIERACHSPUNKTE DES UNTERKIEFERS

von
Frank Roland Seiler

1974

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der Klinik und Poliklinik für
Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Direktor: Professor Dr. K. Fuhr

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE REPRODUZIERBARKEIT DER
TERMINALEN SCHARNIERACHSPUNKTE DES UNTERKIEFERS

INAUGURALDISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz,
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von
Frank Roland Seiler
aus Stuttgart-Bad Cannstatt

MAINZ 1974



Fachbereichsdekan: Professor Dr. Dr. W. Ketterl
Referent: Professor Dr. K. Fuhr
Korreferent: Professor Dr. H. Marx

Inhaltsübersicht

- I. EINLEITUNG
- II. ÜBERBLICK ÜBER DAS THEMA
 1. Geschichtliche Entwicklung
 2. Anatomische Gegebenheiten
 3. Die terminale Scharnierachse des Unterkiefers
 4. Praktische Bedeutung der terminalen Scharnierachse
- III. MATERIAL UND METHODIK
 1. Untersuchungsprogramm
 2. Registriertechnik
 3. Tätowierung
 4. Auswertungstechnik
- IV. AUSWERTUNG DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN, MESSUNGEN UND ERGEBNISSE
 1. Hauptbefunde
 - a. Differenzen der ausgewerteten Scharnierachsregistrierungen
 - b. Vergleich der Wertpaare aus beiden Untersuchungsperioden
 - c. Bestimmung der kleinsten nachweisbaren Scharnierachspunkt-Differenz
 - d. Häufigkeitsverteilung der Scharnierachspunkt-Differenzen
 - e. Zusammenhänge zwischen Achspunkt-Differenzen der linken und der rechten Seite
 2. Nebenfunde
 - a. Wiederkehrgenauigkeit aufgezeichneter Hautmarkierungen

- b. Räumliche Verteilung der tätowierten Schar-
nierachspunkte um den konventionellen Achs-
punkt

V. DISKUSSION

1. Hauptbefunde
2. Nebenfunde

VI. ZUSAMMENFASSUNG

VII. LITERATURVERZEICHNIS

I. Einleitung

Die genaue Untersuchung des gestörten oder die funktionell richtige Wiederherstellung des zerstörten Kauflächen-Komplexes (19) ist ohne Artikulator kaum mehr denkbar. Zur Einordnung der Studien- oder Arbeits-Modelle in individuell einstellbare Gelenkmaschinen werden oft die beiden terminalen Scharnierachspunkte des Unterkiefers in Verbindung mit einem dritten Referenzpunkt verwendet (16, 43, 45). Um später zur Diagnose, Therapie oder auch nur zur Kontrolle auf bereits festgelegte Lagebeziehungen zurückgreifen zu können, wird empfohlen diese drei Punkte in die Haut einzutätowieren (16, 45). Die terminale Scharnierachspitze des Unterkiefers wird dabei als Relation gesehen, die über lange Zeit, auch ohne Zähne erhalten bleibt. Sie ermöglicht in Verbindung mit dem dritten Referenzpunkt eine eindeutige und vor allem wiederholbare Orientierung der Kiefermodelle im Raum und somit auch im Artikulator.

Die Aufgabe dieser Arbeit ist es, die Genauigkeit mit der die terminale Scharnierachspitze des Unterkiefers nach einer gewissen Zeit reproduziert werden kann, zu überprüfen.

II. Überblick über das Thema

1. Geschichtliche Entwicklung

GRAY beschrieb bereits in der ersten Ausgabe seines Anatomiebuchs eine Scharnierbewegung des Unterkiefers neben Vorschub- und Seitwärtsbewegungen. Die Funktion wurde, trotz Kenntnis der anatomischen Gegebenheiten, lange vernachlässigt. Für Arbeiten am Modell hielt man nur die Schlußbißstellung fest. 80 Jahre dauerte die Entwicklung vom einfachen Metallscharnier-Okkludator (EVANS 1840 (18)) bis zu den ersten individuell einstellbaren Artikulatoren.

Auf die Bedeutung einer scharnierachsbezogenen Modellmontage wies als erster 1905 CAMPION (11) hin. MC COLLUM (29) erinnert sich, daß WADSWORTH schon 1922 auf die Notwendigkeit einer genau bestimmten Orientierung der Kieferabgüsse im Artikulator aufmerksam machte. In den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts versuchte GYSI (17) den Bewegungsablauf der Mandibula geometrisch zu fassen. Dabei entstand zum Beispiel eine konstruierte "scheinbare Öffnungsachse des Unterkiefers". MC COLLUM (6) war es schließlich, der 1926 die praktische Verwertung der erkannten Prinzipien mit der ersten durchführbaren Scharnierachsregistrier- und Übertragungsmethode möglich machte. Die klinische Anwendung des mit STUART entwickelten Systems erfolgte 1934 (31). Durch die Bedeutung, die okklusionsanalytische Verfahren in Forschung und Klinik in den letzten Jahrzehnten gewonnen haben, ist die Scharnierachsregistrierung zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden.

2. Anatomische Gegebenheiten

Alle modernen gnathologischen Untersuchungsmethoden zielen darauf ab, bestimmte Lagebeziehungen von Oberkiefer zu Unterkiefer räumlich orientiert in individuell einstellbare Artikulatoren zu übertragen. Dies muß wiederholbar geschehen können, da ja nur so Veränderungen der Okklusion oder Lageveränderungen der Mandibula dokumentiert werden können. Schwierigkeiten entstehen durch die anatomischen Gegebenheiten. Eine fibröse Kapsel umhüllt das Kiefergelenk, wobei der obere Kapselanteil schlaffer als der untere ist. Durch den Discus articularis wird die Gelenkhöhle zweigeteilt. Der schädelbasisnahe Anteil ermöglicht die Gleitbewegung, während die Drehbewegung des Kondylus auf der Unterfläche der Bandscheibe stattfindet (44). Die Kombination dieser Bewegungsmöglichkeiten macht die weiten Exkursionen der Mandibula möglich. Sie werden normalerweise durch das Zusammenspiel der akzessorischen und echten Kaumuskulatur bestimmt und durch Bänder sowie die Dehnbarkeit der Kapsel in Grenzsituationen limitiert (border movements, POSSELT (34)). Dies erklärt einerseits die weite Variationsbreite der Unterkieferbeweglichkeit, andererseits die Notwendigkeit und Schwierigkeit einer wiederholbaren eindeutigen Lagebestimmung der Mandibula im Raum.

3. Terminale Scharnierachse des Unterkiefers

Auf der Suche nach reproduzierbaren Kriterien stieß man auf die terminale Scharnierachspoosition des Unterkiefers. Diese Lage wird folgendermaßen definiert: "Die

am weitesten retrudierte Position der Mandibula, aus der heraus noch Öffnungs- und Schließ-Bewegungen gemacht werden können. Wenn der Unterkiefer in der beschriebenen Art und Weise geöffnet und geschlossen wird, ist es möglich, ein Rotationszentrum zu registrieren, die terminale Scharnierachse" (8). Die Projektion der kinematischen Achspunkte auf jede Seite des Gesichts, werden Scharnierachspunkte genannt (35).

POSSELT (34) definiert die terminale Scharnierbewegung als: "The hindmost rotary opening or closing movement of the mandible". Sinngemäß übersetzt bedeutet das: Die am weitesten hinten liegende Drehbewegung beim Öffnen und Schließen des Unterkiefers.

Die registrierten Punkte befinden sich nicht nur stationär zu allen fixierten Teilen des Kopfes, sie stehen auch in einer konstanten Beziehung zu den Unterkieferzähnen bzw. zu jedem Punkt der Mandibula (8). Bei der Festlegung dieser Relation geschieht anatomisch folgendes: Der Unterkiefer wird retrudiert bis sich die temporomandibulären Bänder, die vom Jochbogen zum Gelenkhals verlaufen, spannen (13). Diese gestrafften Ligamente veranlassen die Kondylen aufwärts zu schwingen und über den Meniskus, der nicht eindrückbar ist (29), mit der jeweiligen Gelenkgrube in Kontakt zu treten.

Durch die Festigkeit aller an diesem Vorgang beteiligten Strukturen ist damit eine wiederholbare Relation geschaffen (8). Pathologische Veränderungen an den fibrösen, muskulären oder knöchernen Geweben verfälschen natürlich die Ergebnisse (19).

Die Muskulatur spielt bei der Registrierung lediglich eine passive Rolle. Wirkt nämlich eine posterior gerichtete (retrudierende) Kraft auf die Mandibula ein, kommt es zu einer Schutzreaktion der Kieferschließer *Musculus Masseter*, *Musculus Temporalis* und *Musculus Pterygoideus Externus* (27). Die schützende Funktion dieser Muskeln ist unterschiedlich stark ausgeprägt, das erklärt die individuell variierend gute Registrierbarkeit der Scharnierachse bei verschiedenen Patienten in wechselnden Situationen. Manche können sogar die beschriebene Position aktiv aufsuchen. Man glaubt, daß dies durch Kontraktion der mittleren und hinteren Fasern des *Musculus Temporalis* geschieht, die eigentlich gleichzeitig erfolgende Aktivierung des *Musculus Pterygoideus Externus* muß dabei unter Kontrolle bleiben (34). Den Nachweis dafür, daß die terminale Scharnierachseposition tatsächlich nicht durch Weichgewebe und Muskulatur bestimmt wird, hat POSSELT (36) durch Versuchsreihen nachgewiesen. Die Probanden wurden einmal bei vollem Bewußtsein und zum anderen in Vollnarkose unter Curare-Wirkung untersucht. APRILE und SAIZAR (1) kamen am Leichenpräparat, bei dem alle Muskeln entfernt waren, zum gleichen Ergebnis.

4. Praktische Bedeutung der terminalen Scharnierachse

Um die Bedeutung der Achsentheorie besteht bis heute keine einheitliche Auffassung. AULL (2) hat vier Gruppen nebeneinandergestellt:

- a. Gruppe 1 Genaue Lokalisation der Achse
 MC COLLUM (29), LUCIA (28) sowie KORNFELD

(20) glauben, daß es eine definierte Transversalachse gibt und daß sie so genau wie möglich lokalisiert werden sollte.

- b. Gruppe 2 Angenäherte Lokalisation
CRADDOCK und SYMMONS (12) meinen, daß der große Aufwand in keinem Verhältnis zum Ergebnis steht, deshalb suchen sie die Achsposition nicht exakt auf, sondern arbeiten mit willkürlich festgelegten Scharnierachspunkten (Arbitrary Hinge-Axis Points).

Das Prinzip der Achsregistrierung erkennen beide Gruppen an, nur herrscht keine Einigkeit über die zu erstrebende Genauigkeit der Lokalisation.

- c. Gruppe 3 Ablehnung der Achs-Lokalisation
Autoren wie BECK (3) und KURTH/FEINSTEIN (23) glauben nicht, daß genaue Werte erreicht werden können, deshalb messen sie der Registriertechnik, trotz Anerkennung der Theorie, keine praktische Bedeutung bei.

- d. Gruppe 4 Geteilte Achse
Die Verfechter dieser Theorie sehen zwei getrennte parallele Achsen, um die jeder Kondylus rotiert (7, 32). Der Grund hierfür soll in der meist vorhandenen Asymmetrie der Gelenkköpfchen liegen. Tatsächlich entsteht die Achse ja durch die willkürliche Verbindung der links und

rechts getrennt registrierten terminalen Achspunkte. WEINBERG (43) kommt aber zu dem Schluß, daß die Theorie der geteilten Achse praktisch und theoretisch unmöglich ist. Versuche, die AULL (2) durchführte, unterstützen die Split-Achsen-Theorie ebenso wenig.

Für die Untersuchungen dieser Arbeit spielen diese Gesichtspunkte keine Rolle, da die Scharnierachspunkte jeder Seite für sich betrachtet werden können.

Eine Lokalisation der terminalen Scharnierachse des Unterkiefers dient der Raumorientierung des Oberkiefers und legt eine Ausgangsposition für funktionelle Bewegungen fest (43). Die Aktion, die zu dieser Achse führt, kann ausgeführt werden, stimmt aber mit der natürlichen Öffnungs- und Schließ-Bewegung nicht überein (35). Wenn dieses Rotationszentrum richtig eingestellt und exakt in den Artikulator übertragen wird, kann die vertikale Dimension verändert werden ohne, daß sich an der retrudierten Kontaktposition etwas ändert (8). Erst dadurch ist es überhaupt möglich, den Unterkiefer einwandfrei am Oberkiefer zu orientieren, bzw. mit Konstruktionsbissen weitere Grundstellungen zu fixieren. Auch ist nur auf diese Art und Weise eine Kontrolle der Montage-Genauigkeit möglich (8). BROTMAN (10) sagt zum Sinn dieser aufwendigen Methoden: "Es kann nicht bewiesen werden, daß die Scharnierachsposition der Mandibula die richtige terminale Position ist, aber wir glauben, daß diese Beziehung physiologisch annehmbar ist".

Die beschriebenen Beziehungen nutzt neben anderen LAURITZEN (26) in seiner Kontrollsockelmethode. Aber auch andere Verfahren führen zu guten Ergebnissen, GERBER (15) orientiert die Modelle im Artikulator gelenkbezüglich. Der Gesichtsbogen wird dabei auf die lateralen Kondylenpole eingestellt. In Verbindung mit anderen Werten (sagittale Kondylenbahnen und gotischer Bogen) ist eine eindeutige Artikulator-Montage möglich.

KÜHL (21) sieht die Indikation der scharnierachsbezogenen Kontrollsockelmethode vor allem bei gesteigertem psychomotorischem Aktivitätsniveau der Kaumusculatur, das über geringfügige okklusale Interferenzen zu pathologischen Zuständen führen kann. Bei groben Veränderungen der Okklusion verspricht dagegen das gelenkbezügliche Verfahren nach GERBER mehr Aussicht auf Erfolg.

III. Material und Methodik

1. Untersuchungsprogramm

Untersucht wurden in einem Zeitraum von ungefähr 2 Jahren 20 Personen im Alter zwischen 20 und 28 Jahren. Davon waren 5 weiblichen und 15 männlichen Geschlechts. Die Auswahl ergab sich rein zufällig, es wurden also nicht solche Probanden bevorzugt, die sich besonders gut registrieren ließen. Um zur Frage der Reproduzierbarkeit Stellung nehmen zu können, wurden die festgestellten terminalen Scharnierachspunkte in die Haut eintätowiert und zweimal nachuntersucht.

Außerdem interessierte in diesem Zusammenhang der laterale Kondylenpol, da er wie vorher beschrieben, auch in okklusionsanalytischen Verfahren angewandt wird. Zu jeder Kontrolle wurden die Pole neu palpiert und mit Fettstift markiert.

Die erste Überprüfung erfolgte nach 14 Tagen bis 3 Wochen, die zweite nach 6 Wochen bis 2 Monaten. Zur Untersuchung wurde der "ALMORE-Registrierbogen" verwandt, der sich durch geringes Gewicht und leichte, aber exakte Einstellbarkeit auszeichnet. Alginat diente als Befestigungsmaterial für den Träger des Registrierbogens auf der Unterkieferzahnreihe. Tätowieren hielt das Ergebnis auf dem präaurikulären Hautbezirk fest.

2. Registriertechnik

Die Scharnierachs-Registrierungen wurden auf einem Behandlungsstuhl mit durchgehender Rückenlehne und Kopfpolster durchgeführt. Zwischenzeitliche Versuche auf Stühlen mit freistehender Kopfstütze ergaben, daß dort wesentlich schwieriger zu einem Ergebnis zu kommen war. Es wurde darauf geachtet, daß die Probanden möglichst entspannt saßen, dies war leicht durch immer gleiche Neigung der Lehne und des ganzen Stuhls nach hinten zu erreichen. Da die Kopfhaltung einen Einfluß auf die Maxillo-mandibulären Beziehungen ausübt, erwies sich die lange Behandlungsstuhl-Lehne als vorteilhaft. So war nämlich, wenn die Neigung der Lehne übereinstimmte, bei entspanntem Sitzen, auch immer automatisch die gleiche Kopfhaltung gegeben.

Nach diesen Vorbereitungen erfolgte das Anbringen des abdrucklöffelartigen Registrierbogenhalters. Dieser Rimlok-Löffel wurde mit Alginat-Masse gefüllt auf die Unterkieferzahnreihe aufgebracht. 1958 von SHEPPARD (41) durchgeführte Röntgenuntersuchungen ließen vermuten, daß der im Mund befindliche Befestigungslöffel eine Veränderung der Maxillo-mandibulären Beziehungen verursacht. Für die hier angestrebten Ergebnisse ist dieser Einwand unwichtig, da man ja bei jedem Versuch immer von den gleichen Voraussetzungen ausgeht. Mit einem Skalpell ließen sich Massen, die am distalen Löffelrand übergequollen waren und die Registrierung hätten stören können, leicht entfernen. Der nun auf den Halterstiel aufgesteckte und befestigte ALMORE-Registrierbogen wurde grob auf die Kiefergelenksgegend eingestellt.

Der Patient sollte so passiv wie möglich bleiben, deshalb führte der Operateur die Registrierbewegungen durch. Dies ist mit zwei Handhaltungen befriedigend durchzuführen. Einmal wird der aufrechte Daumen auf das Kinn und der abgewinkelte Zeigefinger darunter gelegt (Abb. 1) oder es wird die Hohlhand an das Kinn gelegt, so daß der querliegende Daumen zwischen Unterlippe und Kinn liegt (Abb. 2).

Über die Art und Weise wie nun die geführte Öffnungs- und Schließ-Bewegung des Unterkiefers erfolgen soll sagt GRANGER (16): "Der trainierte Daumen am Kinn ist da, um dem Patienten zu helfen, nicht um ihn zu zwingen". Die Auffassungen wie weit der Mund in reiner Scharnierbewegung geöffnet werden kann und welche Öffnungsweite für eine Registrierung genutzt werden kann, gehen auseinander. Die Spannweite reicht von 10 - 20 mm FISCHER (1935) bis 25 - 30 mm VON HAYEK (1937) (6), POSSELT liegt mit 20 - 25 mm (34) in der Mitte. Je größer die Öffnungsbewegungen, desto leichter geht die Kontrolle verloren, je kleiner, desto schwieriger ist die Lokalisation. Wir bemühten uns, 20 mm nicht zu überschreiten.

Während der geführten Unterkiefer-Bewegung in der retrudierten Position wurde nun das Spiel der Nadel am Arm des Registrierbogens beobachtet und es wurde versucht, durch Nachstellen in zwei Ebenen die Exkursionen der Nadel einzuschränken. Wenn die Auslenkung mit unbewaffnetem Auge nur noch schwer zu erkennen war, wurde ein ungefähr halb-quadratzentimeter großes Millimeter-Papier-Blättchen im Registriergebiet auf die Haut geklebt. Zur genaueren Beobachtung diente eine Kopflupe.



Abb. 1 Erste Handhaltung zur Scharnierachsregistrierung

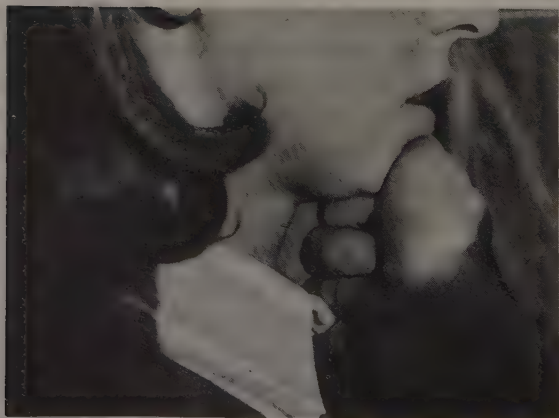


Abb. 2 Zweite Handhaltung zur Scharnierachsregistrierung

Das gewünschte Ziel war erreicht, wenn die Nadelspitze am Arm des ALMORE-Bogens bei der geführten Bewegung des Unterkiefers still stand. Die waagrechten und senkrechten Linien des Millimeter-Rasters erleichterten diese Bestimmung.

Stichprobenartig eingeschobene Überprüfungen des Registrats durch andere Operateure kontrollierten die Exaktheit des eigenen Vorgehens. Wie SCHUYLER (40) fanden wir dabei, daß keine zwei Operateure in der Lage waren, exakt den gleichen Punkt zu registrieren. Wie schwierig schon eine Registrierung unter idealen Bedingungen ist, zeigten LAURITZEN und WOLFORD auf experimenteller Basis (25). Wie SCHALLHORN glauben wir aber, daß der wirkliche Unterschied vernachlässigbar klein ist (38).

Zur Übertragung des gefundenen Scharnierachspunkts auf die Haut diente die Registriernadel selber. Sie wurde während einer geführten Bewegung der Mandibula, nachdem sie vorher mit etwas Tätowierpulver bestäubt worden war, einmal mit der Haut, der sie ja sehr nahe war, in Berührung gebracht. Eine Markierung des Registrats mit freier Kopfhaltung des Patienten, wie sie verschiedentlich gefordert wird, ließ sich praktisch nicht durchführen. Da die Probanden immer in gleicher Stellung registriert wurden, konnte darauf auch verzichtet werden.

3. Tätowierung

Die vorher beschriebene Markierung wurde nach Abnahme des Bogens durch Tätowieren fixiert. Dazu wurde aus

dem Tätowierpulver (Tattoo-Dye = Handelsname, wahrscheinlich rotes Quecksilbersulfid) und Listerine (Zusammensetzung: Thymol, Eucalyptol, Methyl Salicylate, Menthol, Benzoic Acid, Boric Acid und Alcohol 25 %) eine Paste angerührt, die mit einer Spezialnadel unter die Haut gebracht wurde. Dreimaliges Einstechen, etwas herausziehen, drehen und wieder einstechen brachte die Partikelchen ca. 1 mm tief unter die Oberhaut (16, 45). Die Intensität der Tätowierung läßt im Verlauf der ersten Woche stark nach, so daß sie von Unkundigen bald nicht mehr von einer üblichen Hautunreinheit unterschieden werden kann.

4. Auswertungstechnik

Die Überprüfung der terminalen Scharnierachspunkte erfolgte wie bereits erwähnt nach 14 Tagen - 3 Wochen das erste und nach 6 Wochen - 2 Monaten das zweite Mal. Die Kontrollregistrierungen unterschieden sich in nichts von der vorher beschriebenen ersten Festlegung der Punkte. Um die verschiedenen Ergebnisse einer Auswertung zuführen zu können, kam ein Verfahren zur Anwendung, das SCHALLHORN 1953 (38) in ähnlichem Zusammenhang beschrieben hat. Es wurde unseren Bedürfnissen angepaßt. Um verschiedene Versuche vergleichen zu können, mußte ein Grundkoordinatensystem gefunden werden, das zumindest innerhalb einer Versuchsreihe reproduziert werden konnte. Dazu bot sich das Linien-Kreuz, das bei der Bestimmung der "willkürlich festgelegten Scharnierachspunkte (arbitrary hinge axis points)" entsteht. Dabei schneidet eine Senkrechte 13 mm von der Mitte des Tragus entfernt die Gerade von der Mitte des Tragus zum äußeren Augenwinkel (38, 24). Die Aufzeich-

nung dieser Geraden auf die Haut erleichterte ein biegsames Lineal und ein gut gespitzter Fettstift (Abb. 3). Zusätzlich wurde der laterale Kondylen-Pol palpiert und markiert.

Zur Nomenklatur muß noch folgendes bemerkt werden. Das amerikanische Schrifttum versteht unter arbitrary hinge axis point einen willkürlich festgelegten Scharnierachspunkt, der sich im praktischen Gebrauch als zweckmäßig erwiesen hat. SCHLOSSER (39) und SCHALLHORN (38) siedeln diesen Punkt auf der vorher erwähnten Geraden 13 mm vor dem Tragus an. Diese Lokalisation wird im folgenden in Anlehnung an RAMFJORD (37) konventioneller Scharnierachspunkt (kurz KSP) genannt. Diese Klarstellung ist nötig, weil die Literatur den Ausdruck "arbitrary hinge axis point" vieldeutig verwendet. WILSON/LANG (45) verstehen darunter einen Punkt 11 mm vor dem Tragus, aber ebenso eine Markierung, die durch Palpation des Kondylus in retrudierter Stellung gefunden wird.

Mit einem Fadenkreuz versehenes 19 mm breites, beschriftbares und durchsichtiges Klebeband diente zur Abnahme des Registrats von der Haut (Abb. 4). Dieses Band wurde vorsichtig so auf der Haut fixiert, daß sich das Fadenkreuz mit den Fettstiftlinien deckte. Durch den Film waren die beiden Scharnierachspunkte und die laterale Pol-Markierung zu sehen. Die ersten beiden wurden mit einer feinen Nadel durchgestochen, der Pol einfach mit Bleistift übertragen. Nachdem das abgenommene Klebeband so auf Millimeter-Papier geklebt worden war, daß sich die Linien deckten, konnte die Aus-

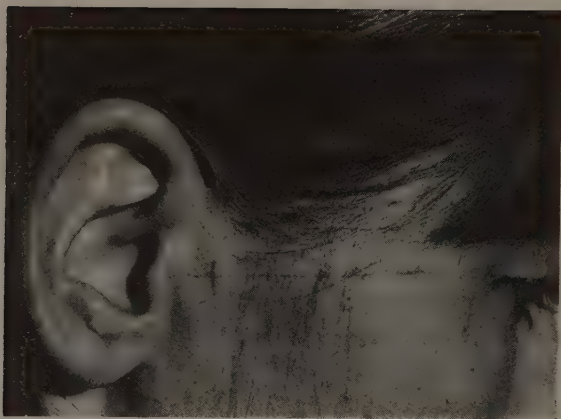


Abb. 3 Markierung des konventionellen Scharnierachspunkts (arbitrary hinge axis point)

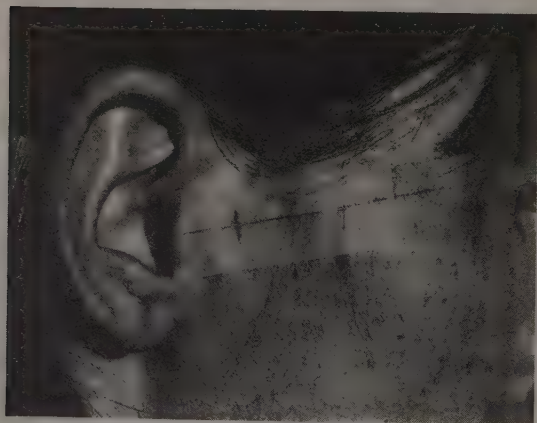


Abb. 4 Klebeband zur Abnahme des Registrierergebnisses auf der Haut fixiert

wertung beginnen. Dazu wurden die Streifen auf Kleinbildformat (24 x 36 mm) beschnitten und in ein Diawechselrähmchen eingelegt (Abb. 5). Diese Blättchen sollen im folgenden Registrate genannt werden. Die Vergrößerung erfolgte mit einem handelsüblichen Diaprojektor im Maßstab 1:10 auf Din A 4 große Millimeter-Papier-Blätter. So konnten alle Linien und Punkte bequem auf die "Vergrößerung" übertragen werden. Danach waren alle Abstände einfach und genau mit einer Schiebellehre auszumessen.

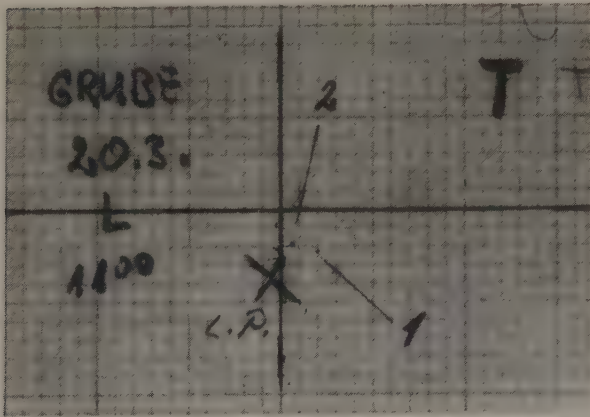


Abb. 5 Original-Registret (ca. 3,5-fach vergrößert)

Neben den Versuchsdaten bedeuten:

T = Tragus

LP = Lateraler Pol

1 = Tätowierter Scharnierachspunkt (SAP)

2 = Bei Kontrolle registrierter Achspunkt (SAP1)

Der Schnittpunkt des Fadenkreuzes deckt sich mit dem konventionellen Scharnierachspunkt.

IV. Auswertung der eigenen Untersuchungen, Messungen und Ergebnisse

1. Hauptbefunde

a. Differenzen der ausgewerteten Scharnierachsregistrierungen

Insgesamt wurde bei 20 Patienten die terminale Scharnierachse des Unterkiefers registriert und markiert. Alle Probanden konnten nach 14 Tagen - 3 Wochen wieder überprüft werden. Durch den Einfluß äußerer Umstände waren nach 6 Wochen - 2 Monaten eine Nachuntersuchung nur noch bei 10 Patienten möglich.

Auf den vergrößerten Registraten wurden dann (ohne Berücksichtigung der Abweichungsrichtung) folgende Distanzen ausgemessen:

Distanz 1 Erster tätowierter Scharnierachspunkt (SAP)
- Scharnierachspunkt der ersten Kontrollregistrierung (SAP1), jeweils links und rechts.

Distanz 2 Erster tätowierter Scharnierachspunkt (SAP)
- Scharnierachspunkt der zweiten Kontrollregistrierung (SAP2), jeweils links und rechts.

Tabelle I Differenzen der Scharnierachspunkte

Tabelle I Differenzen der Scharnierachspunkte
Alle Differenzen in mm (Realwert)

		Rechts		Links	
		Distanz 1 SAP-SAP 1	Distanz 2 SAP-SAP 2	Distanz 1 SAP-SAP 1	Distanz 2 SAP-SAP 2
Patient	1	0,0	0,4	1,6	1,4
	2	0,6	0,6	1,0	0,0
	3	0,8	0,0	4,3	1,4
	4	0,4	0,4	1,0	1,5
	5	0,9	0,0	0,0	0,0
	6	1,3	1,3	0,5	0,6
	7	0,4	0,0	0,6	1,0
	8	0,3	0,8	0,6	0,9
	9	0,0	1,2	0,7	0,0
	10	0,4	0,9	0,6	0,6
	11	0,4		0,9	
	12	2,3		1,6	
	13	0,0		0,8	
	14	0,6		0,3	
	15	0,7		0,0	
	16	0,7		0,0	
	17	1,5		1,4	
	18	0,4		3,5	
	19	1,0		0,4	
	20	0,8		0,8	
Mittelwert		0,6750	0,5600	1,0300	0,7400
Standard- abweichung		0,5523	0,4857	1,0945	0,5984
Standard- abweichung d. Mittelw.		0,1234	0,1535	0,2447	0,1892

Die Distanz bei der ersten Überprüfungsregistrierung betrug im Mittelwert rechts 0,67 mm und links 1,03 mm. Nach der zweiten Kontrolle waren die Mittelwerte rechts 0,56 mm und links 0,74 mm. Die Standardabweichung erreicht überall fast die Größe des Mittelwerts. Dies zeigt statistisch gesehen, daß die Abweichung keinem Gesetz folgt. Es kann festgehalten werden, daß die Mittelwerte der vorgenommenen Achsregistrierungen auf keinen Fall deutlich über einem Millimeter liegen. Auffälligerweise sind die Mittelwerte der Distanzen auf der linken Seite in beiden Untersuchungszeiträumen immer größer als rechts.

b. Vergleich der Wertpaare aus beiden Untersuchungs-Perioden.

Die Frage wie sich entsprechende Differenzen der ersten im Vergleich zur zweiten Überprüfung verhalten, sollte durch einen Vergleich der Wertpaare (T-Test für verbundene Stichproben) erfolgen (Tabelle II).

Für die Differenzen der beiden Untersuchungsreihen zu verschiedenen Zeiten läßt sich statistisch keine Signifikanz nachweisen. So konnten für die später folgende Häufigkeitsverteilung die Ergebnisse der ersten und zweiten Kontrollregistrierung zusammengefaßt werden.

Tabelle II Scharnierachspunktdifferenzen der
1. und 2. Kontrollregistrierung

	Rechts		Links	
	SAP-SAP1	SAP-SAP2	SAP-SAP1	SAP-SAP2
Patient 1	0,0	- 0,4	1,6	- 1,4
2	0,6	- 0,6	1,0	- 0,0
3	0,8	- 0,0	4,3	- 1,4
4	0,4	- 0,4	1,0	- 1,5
5	0,9	- 0,0	0,0	- 0,0
6	1,3	- 1,3	0,5	- 0,6
7	0,4	- 0,0	0,6	- 1,0
8	0,3	- 0,8	0,6	- 0,9
9	0,0	- 1,2	0,7	- 0,0
10	0,4	- 0,9	0,6	- 0,6
Mittelwert d. Differenzen	0,05000		0,35000	
Standardabw. d. Diff. Mw.	0,63987		1,01242	
Standardfehler d. Diff. Mw.	0,20234		0,32015	
Testgröße	0,24710		1,09323	

c. Bestimmung der kleinsten nachweisbaren Scharnierpunkt-Differenz

Je besser ein Scharnierachspunkt reproduziert werden konnte, desto schwieriger war die Auswertung. Die beiden Punkte wurden jeweils auf dem Dokumentationsstreifen mit einer feinen Nadel durchstoichen und so von der Haut abgenommen. Da die Stiche Löcher bestimmter Größe hinterließen, konnten minimale Abstände nicht mehr getrennt dokumentiert werden. Um die Untergrenze der noch getrennt nachweisbaren Punkte zu bestimmen, wurden bei 10 zufällig ausgewählten Registraten 20 Durchstiche ausgemessen.

Der kleinste vorkommende Wert war 0,09 mm, der größte 0,17 mm, der Mittelwert ergab sich bei 0,13 mm. Die Standardabweichung von 0,0286 zeigt, daß die Streuung der Werte nicht allzu groß ist. So kann wohl angenommen werden, daß Punkte, die um den doppelten Mittelwert der Lochgröße, also 0,26 mm, auseinanderliegen, sicher als getrennt erkannt werden. Diese Annahme wird durch das praktische Ergebnis bestätigt, eine Distanz von 0,2 mm wurde nie gemessen. Dies erklärt die Wahl von 0,2 mm Schritten bei den Schaubildern zur Häufigkeitsverteilung. Bei verfeinerten Auswertungsmethoden ließe sich das Bild zwischen 0 und 0,4 mm noch weiter differenzieren, was aber wohl nur rein theoretische Bedeutung hätte.

d. Häufigkeitsverteilung der Scharnierachspunkt-
differenzen

Tabelle III Häufigkeitsverteilung der Differenzen

mm		0,0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0
Anzahl	Rechts	6	8	3	5	3
	Links	6	2	6	3	5
	Gesamt	12	10	9	8	8

mm		1,0-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	üb. 2,0
Anzahl	Rechts	1	2	1	0	1
	Links	0	3	3	0	2
	Gesamt	1	5	4	0	3

Tabelle IV Häufigkeitsverteilung in Prozent

	0 - 1,0 mm	1,0 - 2,0 mm	über 2,0 mm
Rechts	83,3 %	13,3 %	3,3 %
Links	73,3 %	20,0 %	6,6 %
Gesamt	78,0 %	17,0 %	5,0 %

Abbildung 6 Häufigkeitsverteilung der Scharnierachspunktdifferenzen der rechten Seite.

Abbildung 7 Häufigkeitsverteilung der Scharnierachspunktdifferenzen der linken Seite.

Abbildung 8 Häufigkeitsverteilung der Scharnierachspunktdifferenzen beider Seiten.

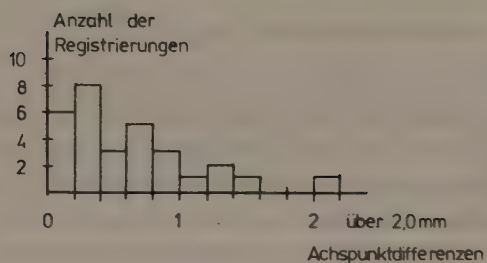


Abb. 6 Häufigkeitsverteilung der Scharnierachspunktdifferenzen der rechten Seite

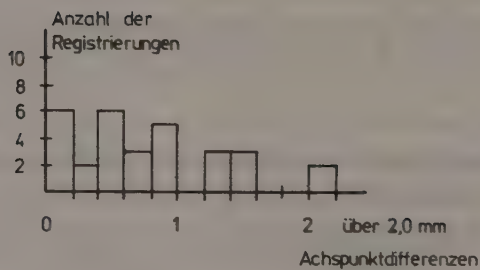


Abb. 7 Häufigkeitsverteilung der Scharnierachspunktdifferenzen der linken Seite

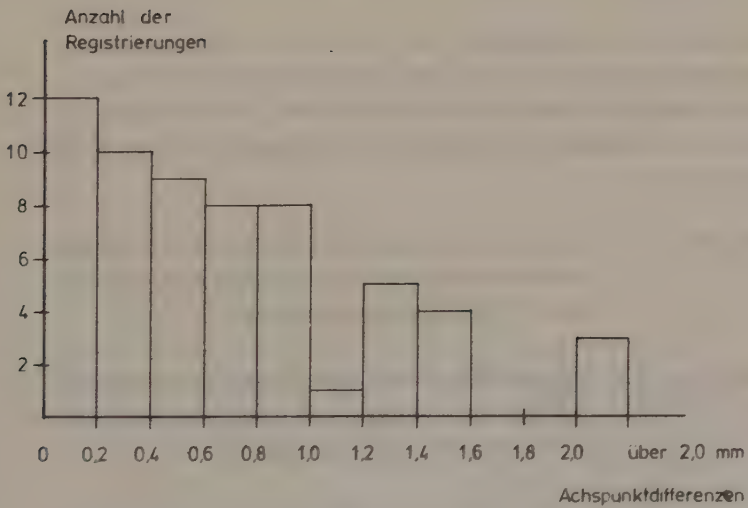


Abb. 8 Häufigkeitsverteilung der Scharnierachspunktdifferenzen beider Seiten

Alle drei Schaubilder zeigen den Großteil der Abweichungen zwischen 0 und 1,0 mm. Die Abweichungen, die zwischen 1,0 und 1,6 mm liegen, sind schon wesentlich geringer, noch kleiner ist die Anzahl über 1,6 mm.

e. Zusammenhänge zwischen Scharnierachspunktdifferenzen der linken und der rechten Seite

Die Frage, ob Abhängigkeiten zwischen den auftretenden Achspunktdifferenzen der linken und der rechten Seite beim gleichen Patienten bestehen, sollen Korrelationsdiagramme für beide Untersuchungszeiträume klären helfen.

Abbildung 9 Zusammenhang zwischen Scharnierachspunktdifferenzen rechts und links bei der ersten Kontrollregistrierung.

Abbildung 10 Zusammenhang zwischen Scharnierachspunktdifferenzen rechts und links bei der zweiten Kontrollregistrierung.

Auf den Schaubildern ist keine übergeordnete Gesetzmäßigkeit der Abweichungen zwischen links und rechts zu erkennen. Einmal wird die Scharnierachse links besser registriert, einmal rechts. Wenn man den Zahlenwert der Abweichung außer acht läßt, kann man sagen, daß es fast so viele Werte gibt, die links besser sind, wie solche, die rechts besser sind.

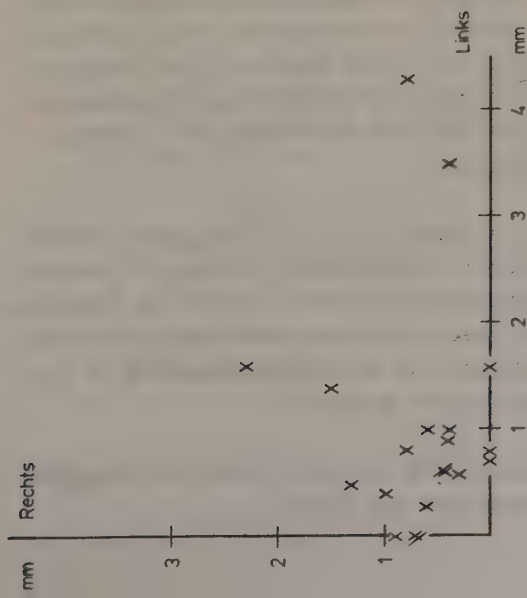


Abb. 9 Zusammenhang zwischen Scharnierachsenpunktdifferenzen rechts und links bei der ersten Kontrolle

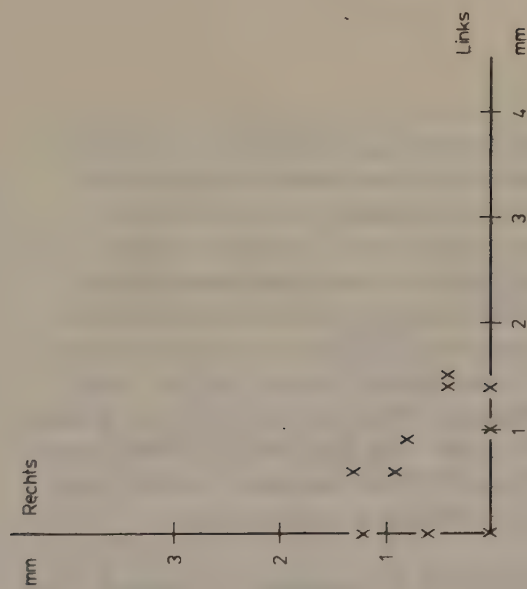


Abb. 10 Zusammenhang zwischen Scharnierachsenpunktdifferenzen rechts und links bei der zweiten Kontrolle

2. Nebenbefunde

Die ursprüngliche Erwartung, daß sich durch das Aufzeichnen des konventionellen Scharnierachspunktes (KSP) auf die Haut ein Grundkoordinatensystem ergäbe, das direkte Vergleiche aller Werte zuläßt, erfüllte sich nicht. Bei der Übereinanderprojektion gleichartiger zu verschiedenen Zeiten erfolgter Registrierungern zeigte sich, daß es nicht möglich war, die als konstant angenommenen Kriterien (KSP, SAP) zur Deckung zu bringen. Der Grund ist darin zu suchen, daß das Fadenkreuz, das sich bei der Bestimmung des arbitrary point ergibt, nicht mehrmals völlig identisch auf die Haut gezeichnet werden kann.

Um dennoch vergleichbare Bedingungen zu erhalten, fand der tätowierte erste Scharnierachspunkt (SAP) als neue Ausgangsbasis Verwendung. Zwei, zu verschiedenen Zeiten entstandene vergrößerte Registratrate des gleichen Patienten wurden linear so verschoben, daß die ersten Scharnierachspunkte (SAP) sich deckten. Eine Umzeichnung dieser Beziehungen auf transparentes Millimeter-Papier erfolgte für die zehn Patienten, die zweimal kontrolliert worden waren.

Da durch die willkürliche lineare Verschiebung, natürlich nicht die wahren Verhältnisse eingestellt werden, sind die folgenden Ergebnisse mit Vorsicht zu bewerten. Deshalb werden sie nur als Nebenbefund betrachtet und nicht absolut, sondern nur Größenordnungsmäßig in Beziehung zu anderen Werten gesetzt.

Abbildung 11 Umzeichnung von zwei Registrat-Vergrößerungen auf ein Blatt.

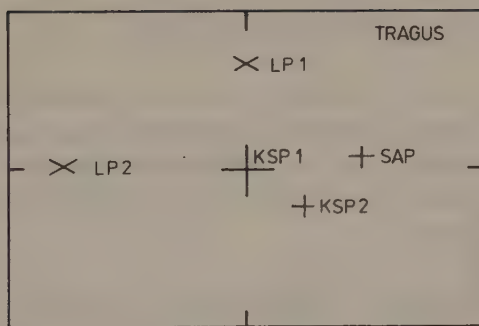


Abb. 11 Umzeichnung von zwei Registrat-Vergrößerungen auf ein Blatt

- LP1 Lateraler Pol der 1. Kontrolle
- LP2 Lateraler Pol der 2. Kontrolle
- SAP Tätowierter 1. Scharnierachspunkt
- KSP1 Konventioneller Achspunkt der 1. Kontrolle
- KSP2 Konventioneller Achspunkt der 2. Kontrolle

Auf den Umzeichnungen wurden folgende Werte ausgemessen:

1. Distanz	Laterale Pole	LP1	-LP2
2. Distanz	Konv. Achspunkte	KSP1	-KSP2
3. Distanz	Mitte der Strecke	(LP1-LP2)	-SAP
4. Distanz	Mitte der Strecke	(KSP1-KSP2)	-SAP

Diese Messungen sollten Auskunft über die Wiederkehrgenauigkeit von aufgezeichneten Hautmarkierungen und eine grobe Vorstellung von den Entfernungen der Lateralen Pole und der konventionellen Scharnierachspunkte zum SAP vermitteln.

a. Wiederkehrgenauigkeit aufgezeichneter Hautmarkierungen.

Der Mittelwert der lateralen Pol-Distanzen ist insgesamt gesehen fast doppelt so groß, wie die durchschnittliche Entfernung der konventionellen Scharnierachspunkte. Die Standardabweichung erreicht recht große Werte. Das beeinträchtigt zwangsläufig die Reproduzierbarkeit. Wenn man die durchschnittliche Abweichung betrachtet, so eignet sich im Hinblick auf die Wiederholbarkeit für die praktische Anwendung der konventionelle Scharnierachspunkt wohl besser, als der laterale Pol, am besten aber natürlich der genau registrierte Scharnierachspunkt.

Tabelle V Distanzen der Lateralen Pole und der
Konventionellen Scharnierachspunkte
Realwerte in mm

		Distanz LP1-LP2		Distanz KSP1-KSP2	
		rechts	links	rechts	links
Patient	1	3,9	1,8	0,8	2,0
	2	4,0	0,9	1,0	1,6
	3	6,0	7,9	0,5	2,3
	4	1,9	5,1	1,9	4,8
	5	3,9	0,9	1,3	1,6
	6	2,2	3,1	0,4	1,2
	7	0,4	0,7	0,9	0,3
	8	2,8	1,8	1,8	1,1
	9	2,8	1,3	1,2	0,1
	10	2,6	1,9	1,2	0,7
Mittelwert		3,0500	2,5400	1,1000	1,5700
Standard- abweichung		1,5071	2,2950	0,4921	1,3350
Standard- abweichung d.Mittelw.		0,4765	0,7257	0,1556	0,4221

Tabelle VI Entfernung der willkürlichen Scharnier-
achspunkte (LP und KSP) vom tätowierten
Achspunkt (SAP)
Realwerte in mm

		Distanz		Distanz	
		Mitte (LP1-LP2) -SAP		Mitte (KSP1-KSP2) -SAP	
		rechts	links	rechts	links
Patient	1	3,0	6,8	3,5	7,3
	2	5,2	7,2	5,7	7,3
	3	4,9	5,7	6,8	5,2
	4	2,5	5,4	2,8	4,3
	5	4,3	2,9	1,8	1,4
	6	6,7	4,1	4,0	3,1
	7	5,6	4,1	5,4	4,2
	8	6,9	6,2	5,3	4,5
	9	4,7	6,0	5,7	3,9
	10	7,0	11,1	3,5	7,7
Mittelwert		5,0800	5,9500	4,4500	4,8900
Standard- abweichung		1,5519	2,2455	1,5643	2,0261
Standard- abweichung d.Mittelw.		0,4907	0,7101	0,4946	0,6407

Im Mittelwert sind die lateralen Pole und die konventionellen Achspunkte 5 mm vom wahren Scharnierachspunkt entfernt. Auch hier ist die Streuung recht groß, so daß wohl von diesem Ergebnis her keines der beiden Verfahren bei der annäherungsweisen Bestimmung der Scharnierachspunkte vorgezogen werden kann. Vorher konnte aber festgestellt werden, daß die Streuung bei wiederholten Aufzeichnungen auf die Haut beim konventionellen Achspunkt kleiner ist, als beim lateralen Pol. Auf weitergehende statistische Auswertung dieser Befunde wurde verzichtet, da die Untersuchungsmethode Vergleiche innerhalb der Werte und mit anderen Ergebnissen nur bedingt zuläßt.

b. Räumliche Verteilung der tätowierten Scharnierachspunkte um den konventionellen Achspunkt.

Die räumliche Verteilung der wahren Scharnierachspunkte im präaurikulären Bereich zeigt ein Verteilungsdiagramm in Form konzentrischer Kreise, deren Mittelpunkt der konventionelle Achspunkt bildet. Dazu wurden die tätowierten Achspunkte (SAP) aller Probanden von den Registrat-Vergrößerungen auf transparentes Millimeter-Papier umgezeichnet. Alle Punkte erscheinen durch sinn-gemäße Projektion auf einem Blatt. Alle registrierten Punkte konnten wegen der mangelnden Deckungsgleichheit nicht verwendet werden.

Abbildung 12 Flächenmäßige und prozentuale Verteilung der SAP um den KSP

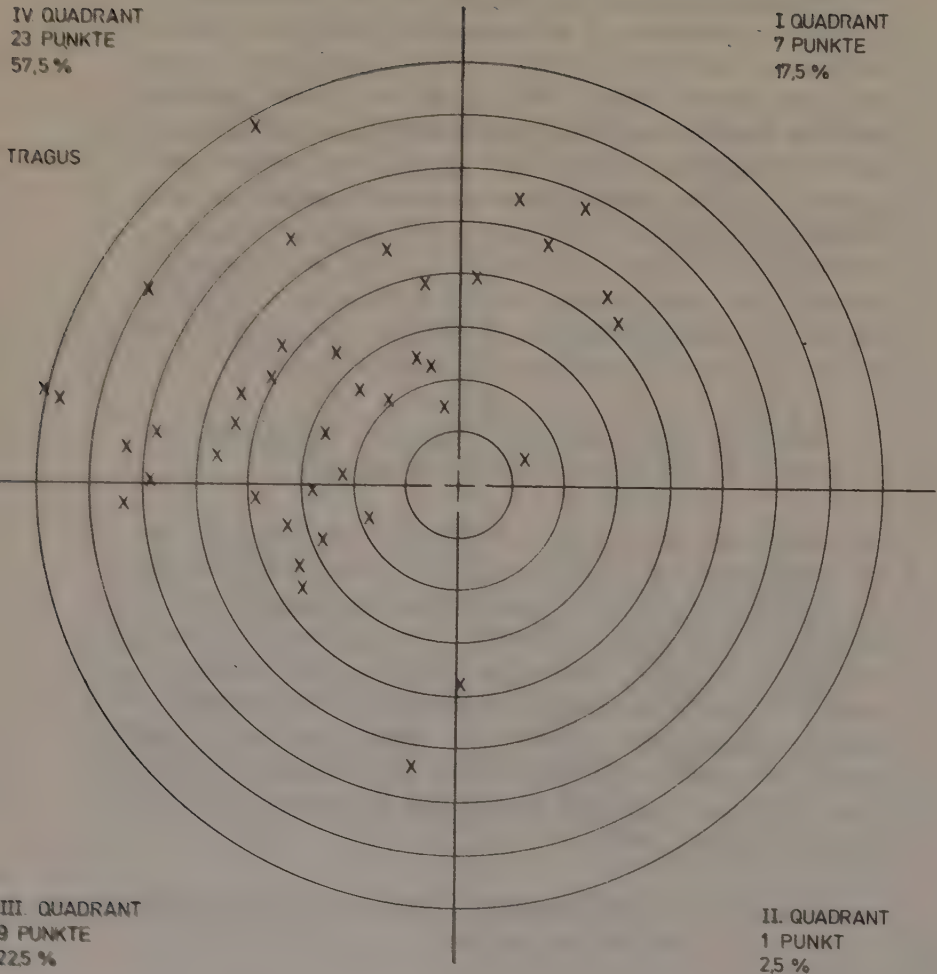


Abb. 12 Flächenmäßige und Prozentuale Verteilung der tätowierten Scharnierachspunkte um den konventionellen Scharnierachspunkt

Tabelle VII Prozentuale Verteilung der SAP

Entfernung vom Zentrum in mm	0-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
Rechts in %	10	20	20	20	25	5	0	0
Links in %	5	20	20	25	5	10	10	5
Gesamt in %	7,5	20	20	22,5	15	7,5	5	2,5
Gesamt in %	0-2	0-3	0-4	0-5	0-6	0-9		
	7,5	27,5	47,5	70,0	85,0	100,0		

Zwischen 0 und 5 mm vom Zentrum (das ja dem KSP entspricht) finden sich 70 % aller aufgezeichneten Punkte, zwischen 0 und 6 mm sogar 85 %.

Die zweidimensionale Flächenverteilung zeigt eine Massierung der Einzeichnungen nämlich 57,5 % im IV. Quadranten, also dorso-cranial vom KSP. Im I. und II. Quadranten (ventral vom Zentrum) liegen nur 20 % der Punkte, dorsal dagegen 80 %.

V. Diskussion

1. Hauptbefunde

Über den klinischen Wert der terminalen Scharnierachse des Unterkiefers herrscht heute wohl kein Zweifel mehr. Uneinigkeit zeigt sich aber über das Maß an Zuverlässigkeit, mit dem Verfahren, die sich dieser Achse bedienen, eingesetzt werden können. Diese Zuverlässigkeit steigt bis zu einem gewissen Grad in dem Maß wie sich die Genauigkeit der Achsregistrierung steigert und damit auch die Reproduzierbarkeit verbessert.

AVILA (2) hält die mögliche Registriergenauigkeit für eine Frage der Interpretation. So glauben KURTH/FEINSTEIN (23), daß es aus verschiedenen Gründen höchst unwahrscheinlich ist, die Scharnierachse genau zu lokalisieren. Andere (20, 10, 15) meinen dagegen, die terminalen Rotationszentren genau bestimmen zu können. Der Widerspruch erklärt sich darin, daß die ersten Autoren auf rein theoretische absolute Genauigkeit abheben, während für die zweite Gruppe praktisch-klinische Gegebenheiten im Vordergrund stehen. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen die Notwendigkeit einer Interpretation unter Beachtung beider Standpunkte.

Die Abweichung der Scharnierachspunkte (Tab. 1) zwischen Erst- und Zweit-Registrierung waren im Mittelwert für die rechte Seite 0,7 mm (maximale Abweichung 1,5 mm, minimale Abw. 0 mm) und für Links 1,0 mm (max. Abw. 4,3 mm, min. Abw. 0 mm), zwischen Erst- und Dritt-Registrierung für Rechts 0,0 mm (max. Abw. 1,3 mm, min. Abw. 0 mm) und für links 0,7 mm (max. Abw. 1,5 mm, min. Abw. 0 mm) ebenfalls im Mittelwert.

Tabelle VIII Mittelwerte, sowie maximale und minimale Differenzen der überprüften Scharnierachspunkte

	Rechts		Links	
	Mittelwerte	absolute Werte	Mittelwerte	absolute Werte
1. Kontroll-Registr.	0,7	max.Abw. 2,3 min.Abw. 0	1,0	max.Abw. 4,3 min.Abw. 0
2. Kontroll-Registr.	0,6	max.Abw. 1,3 min.Abw. 0	0,7	max.Abw. 1,5 min.Abw. 0

Die Größe der Standardabweichung (sie erreichte bei den Achspunktdifferenzen fast immer die Größe des Mittelwertes) zeigt, daß es wohl keine Gesetzmäßigkeit der Abweichung gibt.

Da der Vergleich entsprechender Wertpaare aus beiden Untersuchungszeiträumen (Tab. II) statistisch keine Signifikanz ergab, ist die Reproduzierbarkeit im gegebenen Rahmen zumindest bis zu 2 Monaten gewährleistet.

In den Diagrammen in denen die Häufigkeitsverteilung der Ergebnisse (Abb. 6 - 8) aufgezeigt wird, sieht man, daß der Großteil (70 - 80 %) der Registrierdifferenzen zwischen 0 und 1,0 mm angesiedelt ist. Beim Schaubild 8 ergibt sich die größte Konzentration bei 0, die dann recht gleichmäßig abnimmt. Bei den Bildern 6 und 7 bietet sich im Prinzip der gleiche Anblick, wenn auch vor allem bei Bild 7 Einbrüche festzustellen sind. Dies würde sich wahr-

scheinlich bei einer größeren Probandenzahl angleichen.

Bei vorsichtiger Wertung der vorliegenden Ergebnisse, kann man mit POSSELT (35) immerhin sagen, daß die Scharnierachsbewegung bemerkenswert konstant ist.

Günstig erscheinen die Registrierdifferenzen, wenn man die Versuche von BORGH/POSSELT (5), sowie KURTH/FEINSTEIN (23) zum Vergleich heranzieht. Diese Autoren haben auf verschiedenen Wegen versucht, am Modell die mögliche Genauigkeit der Scharnierachsbestimmung zu überprüfen. Beide Autorengruppen kamen zu ähnlichen Ergebnissen, ihre Punkte lagen im Umkreis von 1 - 2 mm um den wahren Punkt. Verglichen mit Versuchen an Probanden, wurden diese Registrierungen unter Idealbedingungen durchgeführt.

Eine absolute Exaktheit der Registrierung und maximale Wiederkehrgenauigkeit war auch gar nicht zu erwarten. LAURITZEN/WOLFORD (25) fanden in einem Modellversuch bei 190 Bestimmungen den Großteil der Ergebnisse in 1 mm Umkreis des gesuchten Punktes. Allerdings gelang es den besten Teilnehmern dieser Experimente unter idealen Bedingungen 95 % ihrer Versuche innerhalb von 0,2 mm zu reproduzieren. An Gründen, die zu solch guten Resultaten führen, nennen die Autoren folgende:

1. Übung bringt mehr Treffer
2. Interesse am Vorgang
3. Gute physische und psychische Verfassung
4. Übung im Umgang mit der Kopflupe

Die ersten drei Faktoren könnten für Fehlleistungen in dieser Untersuchung verantwortlich sein. Durchschnittlich sind die Abweichungen in beiden Kontroll-Perioden

links immer etwas größer als rechts. Die Achsbestimmung auf der linken Seite wurde bei unveränderter Kopfhaltung des Probanden mit der linken Hand von der linken Seite vorgenommen, um das Spiel der Nadel direkt beobachten zu können. Hier kommt wohl der Trainingsfaktor zum Tragen, die linke Hand kann den Unterkiefer nicht so geübt führen wie die rechte. Stets wurde rechts zuerst registriert, so ist es durchaus denkbar, daß sich links das Ergebnis durch Nachlassen der physischen und psychischen Fähigkeiten verschlechtert hat. Das heißt nun aber nicht, daß die Werte links generell schlechter reproduziert wurden. Die Aussage bezieht sich nur auf den Mittelwert der Differenzen. Der tätowierte Scharnierachspunkt (SAP) wurde im gesteckten Rahmen auf keiner Seite häufiger genau getroffen, auch verteilen sich die Achspunktdifferenzen auf beide Seiten ungefähr gleichmäßig. Der größere Mittelwert links entsteht allein durch die vergleichsweise stärkere Abweichung von Einzeldifferenzen.

Was bedeuten die genannten Ergebnisse nun für die klinische Anwendung dieser Achspunkte. FOX (14), WEINBERG (43) und BROTMAN (9) versuchen die Auswirkungen einer Fehlregistrierung der terminalen Scharnierachse im okklusalen Bereich rechnerisch zu klären. Sie bedienen sich dazu geometrischer Konstruktionen, aus denen sich dann verhältnismäßig einfache Berechnungsformeln ableiten lassen. Bei gleicher Ausgangssituation (Fehlregistrierung um 5 mm, Artikulatorspernung 3 mm) ergaben sich okklusale Fehler zwischen 0,15 und 0,19 mm, je nach verwandter Formel. KÜHL (22) errechnet bei gleichem Vorgehen für 5 mm Fehlregistrierung und 5 mm Bißspernung an den Frontzähnen eine maximale Verschiebung der Modelle von 0,35 mm gegeneinander. FOX (14) weist darauf hin, daß die Auflösungskraft

des menschlichen Auges unter 0,25 mm aufhört. Weitere Fehler können durch die verwendeten Materialien (Dimensionsverhalten von Wachsen, Gipsen und Modellmassen) entstehen. Bei prothetischen Rekonstruktionen wäre an die Resilienz der Schleimhaut und an die Korngröße der Befestigungszemente zu denken. Da für die klinische Anwendung meist das unbewaffnete Auge letzte Kontrollinstanz sein muß, scheint es aus den genannten Gründen fraglich, ob eine absolut exakte Scharnierachsregistrierung überhaupt notwendig ist.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, daß unter den gegebenen Umständen die erzielbare Wiederkehrgenauigkeit mehr als ausreichend ist. Unter den 60 Bestimmungen lag die Abweichung nur bei 3 Werten über 1,6 mm. 78 % aller Differenzen fanden sich zwischen 0 und 1,0 mm. Die einmal erreichte maximale Fehlregistrierung war 4,3 mm. Selbst dieser Fehler bzw. dessen Auswirkungen, würde bei Anwendung obiger Formeln, okklusale Fehler ergeben, die mit dem Auge noch nicht entdeckt werden könnten.

Unter diesen Umständen kann die Tätowierung der registrierten terminalen Scharnierachspunkte als durchaus sinnvoll betrachtet werden. Damit schließen wir uns WEINBERG (43) an, der sinngemäß übersetzt sagt: "Die Abweichung von 2 bis 3 mm, die man oft bei der physiologischen Scharnierachsbestimmung findet, schließt weder die Verwendung in der Gnathologie aus, noch spricht sie gegen das Tätowieren.

2. Nebenfunde

Da die genaue Scharnierachsregistrierung recht zeitrau-

bend ist, fehlt es nicht an Versuchen, dieses Verfahren zu vereinfachen. Dazu wird gern ein willkürlich festgelegter Scharnierachspunkt (Arbitrary Hinge Axis Point = Konventioneller Scharnierachspunkt), der sich als zweckmäßig erwiesen hat, verwendet. Die Überlegung, daß bis zu einer Fehlregistrierung von 5 mm der okklusale Fehler verborgen bleibt, erklärt dieses Vorgehen. Zum einen ist das der konventionelle Scharnierachspunkt, der, wie erwähnt, auf einer Geraden 13 mm vom Tragus entfernt liegt. Zum anderen wurde auf Vorschlag von HUPFAUF noch der laterale Pol des Kondylus auf seine Eignung als willkürlich gewählter Scharnierachspunkt überprüft. POSSELT (35) stellte fest, daß die Achspunkte innerhalb oder zumindest am Rand des Schattens liegen, den der Kondylus im Röntgenbild wirft.

Für die Entfernung der beiden willkürlich gewählten Scharnierachspunkte (Lateraler Pol und konventioneller Achspunkt) zum exakt registrierten Achspunkt ergab sich im Mittelwert praktisch kein Unterschied. Es zeigte sich aber, daß im Mittelwert die konventionellen Scharnierachspunkte näher beieinander lagen als die lateralen Pole. Praktisch heißt das, daß sich beim vereinfachten Registrierverfahren der konventionelle Achspunkt anbietet, da er mit kleinerer Streuung auf die Haut gezeichnet werden kann, als der laterale Pol.

Die räumliche Verteilung der Scharnierachspunkte in Beziehung zum konventionellen Achspunkt ist schon von SCHALLHORN (38), LAURITZEN/BODNER (24) und BEYRON (4) mit unterschiedlichem Ergebnis untersucht worden. In der Arbeit wurde, wie am Anfang beschrieben, ein von SCHALLHORN angegebenes Verfahren benutzt. Deshalb sind gewisse Vergleiche möglich.

LAURITZEN/BODNER fanden nur 33 % der Scharnierachspunkte im 5 mm Umkreis um den konventionellen Achspunkt. Als Ergebnis dieser Untersuchung ergaben sich 70 % der Punkte bei 5 mm und 85 % bei 6 mm. Diese Prozentzahlen erreichen nicht ganz die von BEYRON (87 % innerhalb 5 mm) und SCHALLHORN (97 - 98 % innerhalb 5 mm) ermittelten Werte. Sie sind aber doch mehr als doppelt so hoch wie bei LAURITZEN/BODNER.

SCHALLHORN fand die Punkte ungefähr gleichförmig in alle Richtungen verteilt, am wenigsten noch vor und unter dem konventionellen Achspunkt. Die letzte Aussage trifft auch auf das Verteilungsdiagramm Abbildung 12 zu, allerdings mit einem ausgesprochenen Schwerpunkt dorso-cranial vom konventionellen Achspunkt. Über die Hälfte aller Punkte 57,5 % sind dort zu finden. Dies steht im Widerspruch zu den Untersuchungen von SCHALLHORN und BEYRON, die eine mehr gleichmäßige Verteilung fanden.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß die terminalen Scharnierachspunkte des Unterkiefers zwar nicht absolut, aber für den praktischen Gebrauch mit ausreichender Genauigkeit reproduziert werden können. Sowohl das Festlegen der konventionellen Scharnierachspunkte, als auch die Markierung der lateralen Kondylenpole weisen gegenüber den individuell bestimmten terminalen Scharnierachspunkten größere Abweichungen auf. Eine genaue Registrierung der Rotationsachspunkte ist wegen der besseren Reproduzierbarkeit aus diesen Gründen sowohl bei okklusionsdiagnostischen Untersuchungen als auch bei prothetischen Rekonstruktionen vorzuziehen.

VI. Zusammenfassung

Viele Verfahren zur Untersuchung und Therapie okklus-artikulärer Disharmonien bedienen sich der terminalen Scharnierachse des Unterkiefers. Mit diesem Rotationszentrum wird es möglich, Maxillo-mandibuläre Grundbeziehungen funktionell richtig in den Artikulator zu übertragen. Je genauer diese Achse reproduziert werden kann, desto sicherer ist die Diagnose und desto besser sind die therapeutischen Erfolge.

An 20 vollbezahnten oder nahezu vollbezahnten Patienten, die im Kieferbereich keine pathologischen Veränderungen aufwiesen, wurden die terminalen Scharnierachspunkte des Unterkiefers registriert und in die Oberhaut tätowiert. Durch erneute Achsbestimmung nach 14 Tagen bis 3 Wochen sollte die Reproduzierbarkeit überprüft werden. Nach 6 Wochen bis 2 Monaten war eine Nachuntersuchung nur noch bei 10 Probanden möglich.

Die reproduzierten Scharnierachspunkte wichen im Mittelwert bei der ersten Kontrolle um 0,7 mm rechts und 1,0 mm links ab, bei der zweiten Überprüfung 0,6 mm rechts und 0,7 mm links.

Von 60 registrierten Scharnierachspunkten lagen nur 3 über 1,6 mm vom Ausgangspunkt entfernt. Von den 57 Registrierten im 1,6 mm Umkreis ist der größte Teil, nämlich 78 % aller Punkte im Bereich von 0 bis 1,0 mm. Die Reproduzierbarkeit verschlechterte sich zwischen erster und zweiter Kontrolle nicht.

Der tätowierte Scharnierachspunkt wurde im gesteckten

Rahmen auf keiner Seite häufiger genau getroffen. Trotz der links im Mittelwert streckenmäßig etwas größeren Abweichung, verteilen sich die Fehlregistrierungen auf beide Seiten ungefähr gleichmäßig. Die Untersuchungen zeigen weiter, daß die Markierung des lateralen Kondylenpols der Festlegung des konventionellen Achspunkts wegen seiner größeren Streuung unterlegen ist.

Insgesamt kamen wir zu dem Ergebnis, daß die terminalen Scharnierachspunkte des Unterkiefers über den untersuchten Zeitraum nicht absolut exakt reproduziert werden konnten. Die Reproduzierbarkeit ist jedoch so gut, daß sie den praktischen Erfordernissen gnathologischer Techniken genügt, das trifft für willkürlich festgelegte Achspunkte oft nicht zu.

VII. Literaturverzeichnis

1. APRILE, H. and
SAIZAR, P. Gothic arch tracing and temporo-
mandibular anatomy
J.Amer.Dent.Ass. 35, 256 (1947)
2. AULL, A.E. A study of the Transverse Axis
J.Prosth.Dent. 13, 469 (1963)
3. BECK, H.O. Clinical Evaluation of the
Arcon Concept of Articulation
J.Prosth.Dent. 9, 409 (1959)
4. BEYRON, H. zitiert nach LAURITZEN/BODNER
5. BORGH, O. and
POSSELT, U. Hinge Axis Registration: Ex-
periments on the Articulator
J.Prosth.Dent. 8, 35 (1958)
6. BREKKE, CH.A. Jaw Function, Part I. Hinge
Rotation
J.Prosth.Dent. 9, 600 (1959)
7. BREKKE, CH. A. Jaw Function, Part II. Hinge
Axis, Hinge Axes
J.Prosth.Dent. 9, 936 (1959)
8. BROTMAN, D.N. Hinge Axes, Part I. The Trans-
verse Hinge Axis
J.Prosth.Dent. 10, 436 (1960)
9. BROTMAN, D.N. Hinge Axes, Part II. Geometric
Significance of the Transverse
Axis
J.Prosth.Dent. 10, 631 (1960)

10. BROTMAN, D.N. Hinge Axes, Part III, Vertical
and Sagittal Rotational Centers
J.Prosth.Dent. 10, 873 (1960)
11. CAMPION, G.G. zitiert nach LAURITZEN/WOLFORD
12. CRADDOCK, F.W. and Evaluation of the Face-Bow
 SYMMONS, H.F. J.Prosth.Dent. 2, 633 (1952)
13. FISCHER, R. Die zentrale Öffnungsbewegung
Dtsch.zahnärztl.Wschr. 42, 154
(1939)
14. FOX, S.S. The significance of errors in
hinge axis location
J.Amer.dent.Ass. 74, 1268 (1967)
15. GERBER, A. Registriertechnik für Prothetik,
Okklusionsdiagnostik und Okklu-
sionstherapie
Condylator Service, Zürich (1966)
16. GRANGER, E.R. Practical Procedures in Oral
Rehabilitation
J.B..Lippincot Comp.
Philadelphia 1962 S. 61, 62
17. GYSI, A. Die Bewegungen des Unterkiefers
In: Scheff, Handbuch der Zahn-
heilkunde, Zähnersatzkunde
IV. Aufl. Urban und Scharzen-
berg, Berlin 1929 S. 9
18. HÄUPL, K. Lehrbuch der Zahnheilkunde

II. Band

Urban und Scharzenberg,
München-Berlin 1953 S. 139

19. HUPFAUF, L. Die Okklusionsdiagnostik im
parodontal insuffizienten Gebiß
Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 791 (1967)
20. KORNFELD, M. The Problem of Function in
Restorative Dentistry
J. prosth.Dent. 5, 673 (1955)
21. KÜHL, W. Zur Okklusionsdiagnostik und
Okklusionstherapie, A. Methodik
der Okklusionsdiagnostik
Dtsch.Zahnärztebl. 23, 571 (1969)
22. KÜHL, W. Geometrie der scharnieryelenk-
bezüglichen Modellorientierung
Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 873 (1967)
23. KURTH, L.E. and The Hinge Axis of the Mandible
FEINSTEIN, M.A. J.prosth.Dent. 1, 327 (1951)
24. LAURITZEN, A.G. and Variations in Location of Arbitrary
BODNER, G.H. and True Hinge Axis Points
J.prosth.Dent. 11, 224 (1961)
25. LAURITZEN, A.G. and Hinge Axis Location on an
WOLFORD, L.W. Experimental Basis
J.prosth.Dent. 11, 1059 (1961)
26. LAURITZEN, A.G. and Occlusal Relationships: The
WOLFORD, L.W. Split-cast-Method for Aricu-

- lator Techniques
J.prosth.Dent. 14, 256 (1964)
27. LONG, J.H. jr. Location of the Terminal Hinge
Axis by Intraoral Means
J.prosth.Dent. 23, 11 (1970)
28. LUCIA, V.O. Centric Relation-Theory and
Practice
J.prosth.Dent. 10, 849 (1960)
29. MC COLLUM, B.B. The Mandibular Hinge Axis and
a Method of Locating it
J.prosth.Dent. 10, 428 (1960)
30. MC COLLUM, B.B. Fundamentals Involved in Pre-
scribing Restorative Dental
Remedies
D.Items Interest 61, 522/641
(1939)
31. MC COLLUM, B.B. and zitiert nach TRAPOZZANO, V.R.
STUART, C.E. and LAZZARI, J.B.
32. PAGE, H.L. Some Confusing Concepts in
Articulation
Dent.Digest 64, 71/120 (1958)
33. PERA, F.L. Determination of the Hinge Axis
J.prosth.Dent. 14, 651 (1964)
34. POSSELT, U. Physiology of Occlusion and
Rehabilitation
Blackwell Scientific Publi-
cations, Oxford 2. Auflage 1964

35. POSSELT, U. Terminal Hinge Movement of the
Mandible
J.prosth.Dent. 7, 787 (1957)
36. POSSELT, U. zitiert nach BREKKE, CH.A.
J.prosth.Dent. 9, 600 (1959)
37. RAMFJORD, S.P. and Physiologie und Therapie der
ASH, M. Okklusion
Verlag "Die Quintessenz"
Berlin 1968 S. 168
38. SCHALLHORN, R.G. A study of the Arbitrary Center
and the Kinematic Center of Ro-
tation for Face-Bow Mountings
J.prosth.Dent. 7, 162 (1957)
39. SCHLOSSER, R.O. Complete Denture Prosthesis
W.B. Saunders Comp.
Philadelphia und London
2. Auflage 1946 S. 205
40. SCHUYLER, C. Factors of Occlusion Applicable
to Restorative Dentistry.
J.prosth. Dent. 3, 772 (1953)
41. SHEPPARD, J.M. Effect of Hinge Axis Clutches
on Condyle Position
J.prosth.Dent. 8, 260 (1958)
42. TRAPOZZANO, V.R. The physiology of the terminal
LAZZARI, J.B. rotational position of the
condyles in the temporomandi-
bular joint
J.prosth.Dent. 17, 122 (1967)

43. WEINBERG, L.A. The Transverse Hinge Axis:
Real or Imaginary
J.prosth.Dent. 9, 775 (1959)
44. WETZEL, G. Lehrbuch der Anatomie für
Zahnärzte
G.Fischer Verlag Jena
6. Auflage 1951 S 192
45. WILSON, W.H. Practical Crown and Bridge
LANG, R.L. Prosthodontics
Mc-Craw-Hill Book Comp. inc.
S. 39, 43

Lebenslauf

Am 27. Januar 1941 wurde ich als erster Sohn des Dr.med. Emil Seiler, Facharzt für Hals, Nase und Ohren und seiner Ehefrau Helene Seiler, geb. Wörn, in Stuttgart-Bad Cannstatt geboren.

Meine Ausbildung begann am Geburtsort mit dem vierjährigen Grundschulbesuch und führte über das Gymnasium zum Abitur im April 1962.

Im Sommersemester 1962 begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. Nach bestandener zahnärztlicher Vorprüfung am 28.10.1964 folgten im Sommer 1965 und Winter 1965/66 zwei Semester in Freiburg. Am 13.1.1968 bestand ich in Mainz die zahnärztliche Prüfung und erhielt am 13.2.1968 die Bestallung als Zahnarzt.

Seit dem 9.10.1968 bin ich mit der Zahnärztin Maria Seiler, geb. Hildenbeutel, verheiratet.

Von April 1968 bis August 1970 war ich zuerst als Stipendiat und dann als Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle an der Prothetischen Abteilung der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz angestellt. Im August 1970 wechselte ich in die Poliklinik für zahnärztliche Chirurgie dieser Klinik. Diese Tätigkeit wurde durch die Einberufung zur Bundeswehr am 11.1.1971 beendet.

Seit Beendigung des Grundwehrdienstes am 30.6.1972 bin ich als Assistent in der freien zahnärztlichen Praxis tätig.

